

Zur Frage der ersten Dentition bei Kaninchen und Maus

VON SIEGWART PETERS UND MANFRED STRASSBURG

Aus der Arbeitsgruppe Prof. Dr. G. H. M. Gottschewski am Max-Planck-Institut für Immunbiologie, Freiburg i. Br. und der Abteilung für Zahnerhaltung (Leiter: Prof. Dr. M. Straßburg) der Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten

(Direktor: Prof. Dr. Dr. C.-H. Fischer), Westdeutsche Kieferklinik, Universität Düsseldorf

Eingang des Ms. 20. 2. 1968

Einleitung und Problemstellung

Die Säugetiere werden im allgemeinen als diphyodont bezeichnet. KÜHN (17) schreibt: „Bei den Säugern werden die Zähne nur einmal gewechselt (Diphyodontie).“ Im gleichen Sinne äußert sich STARCK (27), und ROMER (23) bemerkt: „Bei den Mammaliern ist die Neubildung von Zähnen . . . stark reduziert . . . Augenscheinlich besitzen der Mensch und (im allgemeinen) die Säugetiere einen kompletten ersten Satz Zähne und einen Teil einer zweiten Garnitur.“

Einschränkende Formulierungen und Meinungsverschiedenheiten bestehen allerdings über das Dentitionsverhalten der Nagetiere. Nach CLAUS (4) ist die Zahl der Praemolaren bei Nagern verschieden, „manchen fehlen sie ganz und damit fällt zugleich der Zahnwechsel hinweg (Muridae)“, während PEYER (21) nicht nur die Existenz von Praemolaren bei Simplicidentata anerkennt, sondern auch ihren Wechsel: „Zahnwechsel bei Simplicidentata auf P beschränkt, bei Duplicidentata auch Wechsel der I.“

Andere Autoren lassen die Frage einer ersten Dentition offen. Zum Vergleich der Höckerbildung erläutert GLASSTONE (10) die Histodifferenzierung eines Molaren bei der Ratte, den sie als bleibend kennzeichnet, wohingegen sie beim Kaninchen von der Histodifferenzierung des Milchmolaren spricht. KNUDSEN (16) diskutiert neben der normalen Entwicklung die Fusion von zwei Schneidezahnanlagen bei der Maus, geht aber nicht näher darauf ein, ob es sich um die Anlagen von Milchschneidezähnen oder bleibenden Incisivi handelt.

Bereits 1894 hatte WOODWARD (29) eine oberhalb und labial vom bleibenden Schneidezahn liegende, tassenförmige kleine Dentinscherbe bei der Maus beschrieben und sie als eindeutige Milchschneidezahnanlage angesprochen. Im auffallenden Widerspruch zu diesem Hinweis stehen nicht nur die Beobachtungen von FREUND (8), sondern vor allem auch die Angaben in einigen Lehrbüchern der Zoologie und Odontologie aus den letzten Jahren. So erklärt HAGEMANN (13) für Ratte und Maus: „Die Dentition ist monophyodont“. Die gleiche Ansicht vertreten SCHOUR (25) sowie SCHOUR und MASSLER (26). Noch 1966 folgert GAUNT (9): „Mus musculus unterscheidet sich von der Mehrzahl der Placentalia dadurch, daß sie monophyodont ist“, und er wirft deshalb die Frage auf, ob die Mäusezähne den Milchzähnen oder den bleibenden Zähnen „typisch diphodonter Säuger“ homolog seien.

Ebenfalls 1966 kommt KEIL (15) resumierend zu dem Schluß, daß für viele Nager das Zahnwechselverhalten noch nicht untersucht ist.

Es erschien uns aus diesen Gründen berechtigt, dieser an sich alten Problemstellung

noch einmal nachzugehen und zu überprüfen, ob und inwieweit Nagetiere tatsächlich Milchzähne ausbilden oder nicht. Die Untersuchungen wurden am Kaninchen (*Oryctolagus cuniculus*) als Vertreter der Lagomorphen und an der Maus (*Mus musculus*) als Vertreter der Rodentier durchgeführt.

Material und Methode

Folgende Stadien wurden untersucht:

- I. Kaninchen: 26 d p. c., 30 d p. c., 1 d p. n., 7 d p. n., 8 d p. n., 9 d p. n., 10 d p. n., 11 d p. n., 20 d p. n.
 II. Maus: 1 d p. n., 2 d p. n., 3 d p. n., 4 d p. n., 5 d p. n., 10 d p. n.

Von den Kaninchenköpfen ab 30 d p. c. und dem 10 d p. n. alten Mäusekopf fertigten wir *makroskopische Präparate* an. Die Köpfe wurden enthäutet und gekocht, die Kieferknochen anschließend von den Weichteilen gesäubert, in H_2O_2 gebleicht und getrocknet.

Mit einem zahnärztlichen Rosenbohrer trugen wir dann bei zwei- bis fünffacher Vergrößerung unter dem Binokular die Corticalis des Ober- (OK) und Unterkiefers (UK) ab und legten die Zähne in voller Länge frei. Diese Technik ermöglicht eine schonende, übersichtliche Darstellung der Wurzelregion bereits kaufunktionell beanspruchter Zähne und der ggf. darunter liegenden Zahnkeime.

Die für die *histologische Untersuchung* ausgewählten Köpfe der übrigen Stadien wurden zum Entkalken in 1n-Natriumformiat und 8n-Ameisensäure eingelegt (Kalkprobe mit Methylrot, Ammoniak und Ammoniumoxalat) danach 24 Stunden gewässert, über eine Alkoholreihe entwässert und in Paraffin eingebettet. Die Schnittrichtung war frontal, die Schnittdicke betrug 10 μ . Gefärbt wurden die Schnittserien mit der Azanfärbung nach HEIDENHAIN (14).

Ergebnisse

I. Kaninchen

Frontzahnbereich

26 d p. c. sind die bleibenden Schneidezahnanlagen in beiden Kiefern schon sehr groß und weitgehend mineralisiert. Oralwärts der konkav gewölbten Schneidekanten jedes Zahnes ist deutlich ein ungefähr dreieckiges (OK) bis projektilförmiges (UK) Gebilde zu erkennen (siehe Abb. 1). Dieser aus einem dünnen Dentinkörper und einem Pulpenkavum bestehende Körper liegt unmittelbar unter dem Epithel so im Gewebe ausgerichtet, daß eine Spitze immer oralwärts zeigt. Eine deutliche Zahnglocke ist nicht mehr nachweisbar. Auch fehlt die Schmelzhülle, die beim Kaninchen in charakteristischer Weise sonst den gesamten Zahn umgibt.

Dieses Gebilde erscheint immer zusammen mit dem bleibenden Schneidezahn in der gleichen Schnittebene (frontale Schnittführung, siehe *Material und Methode*). Es kann deshalb kein Zweifel bestehen, daß es sich hierbei um eine rudimentäre Milchschneidezahnanlage handelt. Eine Verwachsung mit dem palatinal stehenden, stiftförmigen akzessorischen Schneidezahn im OK ist ausgeschlossen; denn dieser Zahn kommt erst auf den viel weiter distal liegenden Schnitten zur Darstellung.

30 d p. c. sind die Milchzahnrudimente schon ausgefallen, und die bleibenden Zähne befinden sich im Durchbruch.

Seitenzahnbereich

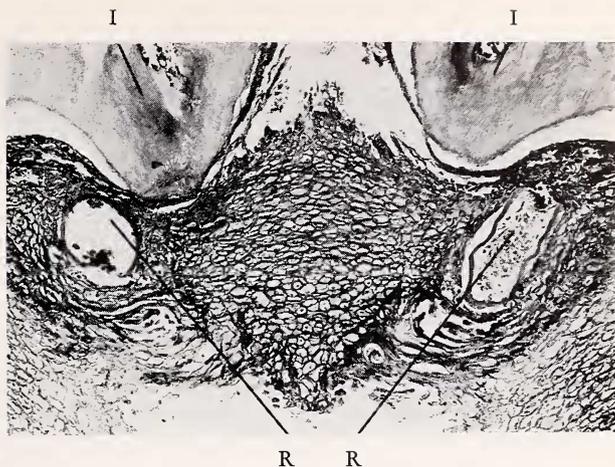


Abb. 1. Frontalschnitt durch den OK-Frontzahnbereich eines 26 d p. c. alten Kaninchens, Azanfärbung (Vergr.: 140:1) — I = Anlage der bleibenden Schneidezähne, R = Rudimentäre Milchschneidezähne

26 d p. c. sind nicht nur die Anlagen von 4 Milchseitenzähnen in jedem Kiefer nachweisbar, sondern auch ihre Ersatzzähne haben schon das Kappenstadium erreicht. Die Milchzähne entwickeln sich dann in den nächsten Tagen so weit, daß sie 30 d p. c. durchbrechen und damit in die Kaufunktion eintreten. Eine Präparation der Ersatzzähne gelingt zu diesem Zeitpunkt noch nicht (vgl. hierzu Abb. 2).

Weitere Einzelheiten der Gebißentwicklung beim Kaninchen sind der schematischen Darstellung der Abb. 3 zu entnehmen.

II. Maus

Der histologische Schnitt 1 d p. n. alter Köpfe zeigt deutlich die Anlagen für die beiden bleibenden Schneidezähne mit Schmelzglocke und beginnender Mineralisation, die vor allem im Bereich der konkav gewölbten Schneidekante sehr ausgeprägt ist (Abb. 4). Ein eigentlicher Kronenanteil ist von dem übrigen Zahn nicht abzugrenzen. Dieser Befund entspricht der Anatomie permanent wachsender Zähne.

Achsenrecht zu diesen bleibenden Incisivi färben sich im OK kleine, Zahnhartsubstanzen enthaltende Gebilde an (siehe Abb. 4). Sie sind im Übergangsbereich zwischen Mundhöhlenepithel und submukösem Bindegewebe lokalisiert, bestehen aus einer etwa dreieckförmigen dünnen, äußeren Dentinschicht mit einem zentralen Weichgewebe und haben einen Durchmesser von maximal 40 μ . Eine Zahnglocke ist nicht vorhanden.

Während die Seitenzähne später auch bei der Maus noch eine vollständige Schmelzhülle über dem Dentinmantel aufweisen, läßt sich bei den bleibenden Schneidezähnen nur noch auf der labialen Seite eine dünne Schmelzlamelle feststellen.

Über die weiteren Entwicklungsstadien des Mäusegebisses unterrichtet die schematische Darstellung der Abb. 5.



Abb. 2. Linker Unterkiefer eines 11 d p. n. alten Kaninchens mit Wechselgebiß

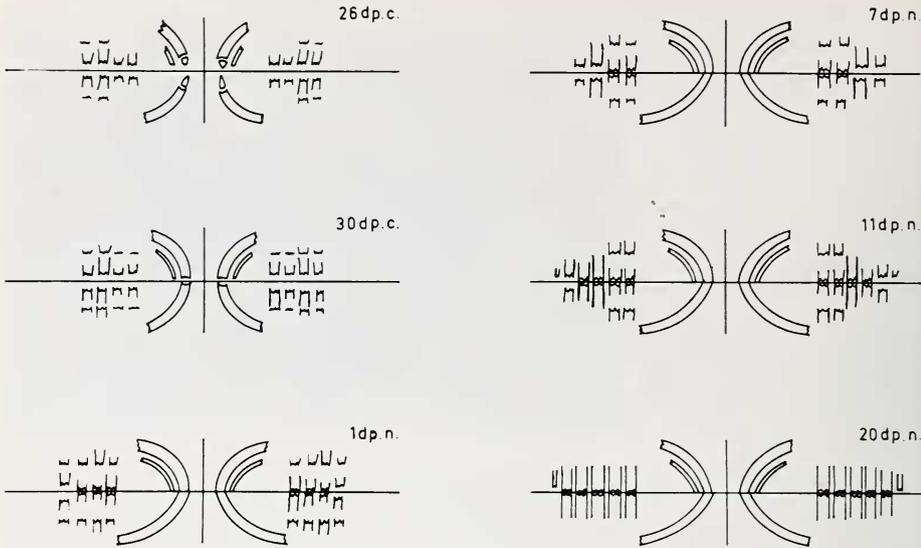


Abb. 3. Bezahnung des Hauskaninchens. Halbschematische Rekonstruktion verschiedener Entwicklungsstadien nach makroskopischen und mikroskopischen Präparaten

Diskussion

Unsere Untersuchungsergebnisse dokumentieren, daß sowohl das Kaninchen (Lagomorphen) als auch die Maus (Rodentier) Milchzähne anlegen, wenn auch in unterschiedlicher Qualität und Quantität. Beim Kaninchen nehmen sie im Seitenzahnbereich noch für kurze Zeit einen Platz in der Mundhöhle ein. Bei der Maus sind die zu beobachtenden rudimentären Milchschneidezähne bereits so funktionsuntüchtig, daß sie diese Aufgabe nicht mehr erfüllen können. Damit ist die Frage von GAUNT (9) eindeutig beantwortet.

Die widersprüchlichen Angaben in der Literatur dürften darauf zurückzuführen sein, daß zumindest die Milchschneidezähne beziehungsweise ihre Anlage bei beiden Gruppen nur kurzfristig nachweisbar sind.

Ohne hier auf die verschiedenen Theorien von BOLK¹ (3), FLOWER² (7), KÜENTHAL³ (18) sowie LECHE⁴ (19) und deren Schüler eingehen zu wollen, sind wir der Meinung, daß unsere Befunde sich mit der von SCHLOSSER (24), FREUND (8) und anderen schon Ende des letzten Jahrhunderts gegebenen Erklärung der phylogenetischen Reduktion deuten lassen. Besonders SCHLOSSER (24) führt eingehend aus, daß vornehmlich das Milchgebiß der Säugetiere dieser Reduktion unterworfen ist. Auch GRASSÉ et DEKEYSER (11) setzen diese Annahme zumindest für die Nagetiere voraus, wenn sie feststellen: „Zu den bemerkenswerten Charakteristika der Bezahnung bei Nagetieren gehört die Neigung zur Monophyodontie.“

Die phylogenetische Reduktion tritt bei der Nagetierbezahnung deshalb so eindrucksvoll zutage, weil das Kaninchen und die Maus zwei verschiedene Stadien inner-

¹ Dimerttheorie: Die Anlage eines Primatenzahnes beinhaltet Potenzen von zwei gleichwertigen Teilen, die aus dem Reptiliengebiß herkommen.

² Die Milchzahndentition höherer Säuger ist ein phylogenetischer Neuerwerb.

³ Konkreszenztheorie: Der Primatenzahn ist das Resultat von Verschmelzungen mehrerer Reptilienzahngenerationen.

⁴ Das zweite Gebiß höherer Säuger ist ein Neuerwerb.

halb des gleichen Prozesses darstellen. Offensichtlich sind die Mäuse in der reduktiven Reihe schon weiter fortgeschritten als die Kaninchen, die ihr Milchgebiß im Seitenzahnbereich noch 18 Tage lang (12) funktionell beanspruchen.

Für den Frontzahnbereich hat WEBER (28) in Anlehnung an Arbeiten von COOPER (5) und ADLOFF (2) die Frage diskutiert, ob der funktionell beanspruchte Nagezahn dem ersten oder zweiten bleibenden Incisivi-

us des vollen Säugetiergebisses entspricht. Eine endgültige Klärung läßt sich nur auf dem Wege lückenloser Serien von Entwicklungsstadien erbringen. Wir werden zu diesem Problem im Rahmen weiterer Untersuchungen über die frühen Phasen der Zahnentwicklung an Kaninchen und Maus Stellung nehmen.

Ein zusätzliches Beispiel für die Reduktion bietet auch die histologische Struktur der Nagezähne. Beim Kaninchen sind die Incisivi noch völlig von Schmelz umgeben, während die Schneidezähne der Maus nur noch labial eine dünne Schmelzschicht tragen.

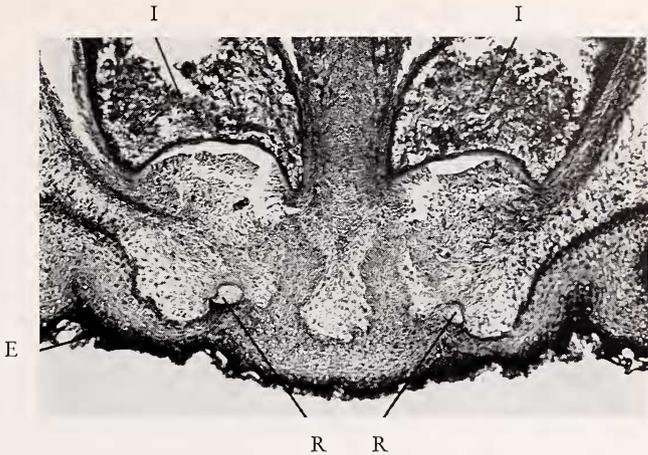


Abb. 4. Frontalschnitt durch den OK-Frontzahnbereich einer 1 dp. n. alten Maus, Azanfärbung (Vergr.: 140:1) — I = Anlage der bleibenden Schneidezähne, R = Rudimentäre Milchschneidezahngebilde, E = Mundhöhlenepithel

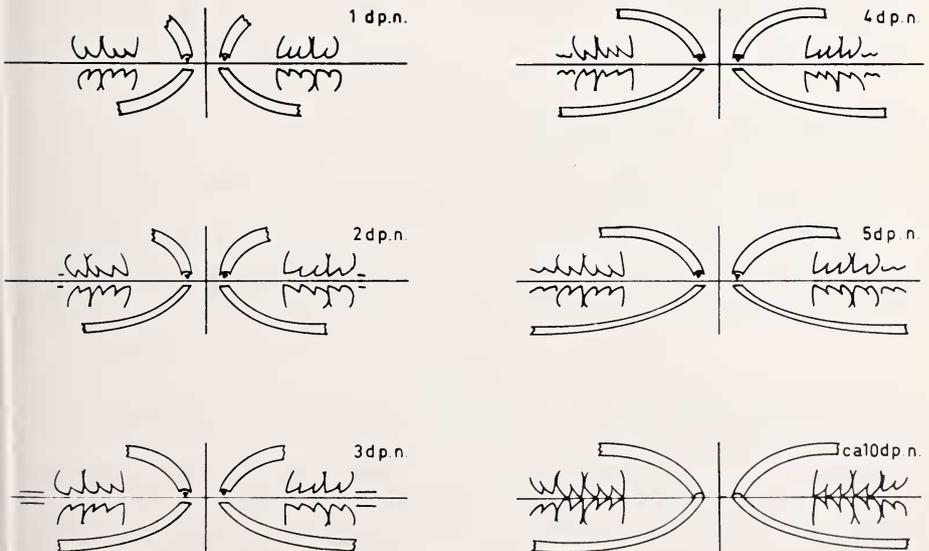


Abb. 5. Bezahnung der Hausmaus, halbschematische Rekonstruktion verschiedener Entwicklungsstadien nach histologischen Schnitten

Auf ein anderes Phänomen der Reduktion früher Zahnanlagen beim Kaninchen haben wir vor kurzem hingewiesen (20).

Daß eine Beziehung zwischen Reduktion und mangelnder Funktion des Gebisses besteht, dürfte unbestritten sein. Auch im menschlichen Gebiß gibt es gesicherte Anhaltspunkte für ein reduktives Verhalten, das schon DARWIN (6) im vorigen Jahrhundert beim Weisheitszahn auffiel, der — wie alle bleibenden Molaren — seit POUCHET et CHABRIS (22) zur ersten Dentition gerechnet wird.

Wir sehen eine gewisse Berechtigung, auf diese zum Teil schon alten Gedankengänge noch einmal hinzuweisen, weil unsere Befunde die Theorie der phylogenetischen Reduktion untermauern.

Zur Vermeidung von Unklarheiten halten wir es für zweckmäßig, die Begriffe „Monophyodontie“ und „Diphyodontie“ kritisch neu zu definieren.

Der Begriff der Diphyodontie sollte nicht funktionell, sondern entwicklungs-geschichtlich aufgefaßt werden. Alle Tiere, die vorübergehend ein — wenn auch noch so rudimentäres — Milchgebiß anlegen, sind demnach als diphyodont zu bezeichnen. Dabei kann es nicht entscheidend sein, ob einzelne Milchzähne noch funktionell in Erscheinung treten oder nicht. Wenn wir die Säugetiere als diphyodont auffassen, müßte man folgerichtig unterscheiden zwischen einer Anlagediphyodontie, wie wir sie bei der Hausmaus und den Robben (11) sehen, und einer Funktionsdiphyodontie, wie wir sie bei den Primaten beobachten.

Zusammenfassung

Makroskopische und lichtmikroskopische Untersuchungen zur Frage der ersten Dentition beim Kaninchen und bei der Maus führten u. a. zu folgenden Ergebnissen:

1. Neben kompletten, funktionstüchtigen Milchseitenzähnen bildet das Kaninchen in beiden Kiefern Milchschneidezahnrudimente aus (Dokumentation 26 d p. c.).
2. Auch bei der Maus sind rudimentäre Milchschneidezahngelände im Oberkiefer nachweisbar (Dokumentation 1 d p. n.).

Die als phylogenetische Reduktion gedeuteten Befunde werden zum Anlaß genommen, die Begriffe Monophyodontie und Diphyodontie nach entwicklungs-geschichtlichen Gesichtspunkten neu zu überdenken.

Summary

From gross and light — microscopic investigations concerning the first dentition of rabbits and mice we obtained the following results:

1. In addition to fully developed and functional cheek-teeth the rabbit develops rudimentary deciduous incisors in both jaws. (Documentation: 26 d p. c.)
2. In the mouse, too, germs of milk incisors can be demonstrated in the upper jaw. (Documentation: 1 d p. n.)

These findings are interpreted as evidence of a phylogenetic reduction. They are taken as motive to reconsider the conceptions „monophyodonty“ and „diphyodonty“ according to ontogenetic principles.

Résumé

De nos investigations macroscopiques et microscopiques à propos de la première dentition chez le lapin et la souris nous avons obtenu les résultats suivants:

1. A côté de molaires complètes et fonctionnantes le lapin forme des rudiments d'incisives de lait maxillaires et mandibulaires. (documentation 26 d p. c.)
2. Chez la souris aussi on peut prouver des formations de dents de lait maxillaires. (documentation 1 d p. n.)

Selon ces résultats — interprétés comme réduction phylogénétique — les conceptions de »monophyodontie« et de »diphyodontie« sont réconsidérées d'après des principes ontogénétiques.

Literatur

1. ADAM, H., und CZIHAK, G. (1964): Arbeitsmethoden der makroskopischen Anatomie. G. Fischer Stuttgart.
2. ADLOFF, P.: Zit. n. WEBER, M.
3. BOLK, L. (1913): Die Ontogenie der Primatenzähne. Versuch einer Lösung der Gebißprobleme. Odontologische Studien I., Jena.
4. CLAUS, C. (1932): Lehrbuch der Zoologie. J. Springer, Berlin - Wien.
5. COOPER, F.: Zit. n. WEBER, M.
6. DARWIN, Ch. (1871): Die Abstammung des Menschen und die geschlechtliche Züchtwahl. Schweizerbart, Stuttgart.
7. FLOWER, W. H. (1867): On the Development and Succession of the Teeth in the Marsupialia. Phil. Trans. 157, 631—641.
8. FREUND, P. (1892): Beiträge zur Entwicklung der Zahnanlagen bei Nagethieren. Arch. mikr. Anat. 39, 525—555.
9. GAUNT, W. A. (1966): The Disposition of the Developing Cheek Teeth in the Albino Mouse. Acta anat. (Basel) 64, 572—585.
10. GLASSTONE, S. (1938): A Comparative Study of the Development in vivo and in vitro of Rat and Rabbit Molars. Proc. roy. Soc. B, 126, 315—330.
11. GRASSÉ, P. P., et DEKEYSER, P. L. (1955): Ordre des Rongeurs in: GRASSÉ, P. P.: „Traité de Zoologie“, Vol. XVII. Masson & Cie., Paris.
12. GRASSÉ, P. P., et DEKEYSER, P. L. (1955): Ordre des Lagomorphes in: GRASSÉ, P. P.: „Traité de Zoologie“, Vol. XVII. Masson & Cie., Paris.
13. HAGEMANN, E. (1960): Ratte und Maus. Versuchstiere in der Forschung. W. de Gruyter & Co., Berlin.
14. HEIDENHAIN, F.: Zit. n. ADAM, H. und CZIHAK, G.
15. KEIL, A. (1966): Grundzüge der Odontologie. 2. Aufl., Borntraeger, Berlin - Nikolassée.
16. KNUDSEN, P. A. (1965): Fusion of Upper Incisors at Bud or Cap Stage in Mouse Embryos with Exencephaly induced by Hypervitaminosis A. Acta odont. scand. 23, 549—565.
17. KÜHN, A. (1959): Grundriß der allgemeinen Zoologie. 13. Aufl., Thieme, Stuttgart.
18. KÜKENTHAL, W. (1891): Einige Bemerkungen über die Säugetierbezahnung. Anat. Anz. 6, 364—370.
19. LECHÉ, W. (1894): Zur Entwicklungsgeschichte des Zahnsystems der Säugethiere, zugleich ein Beitrag zur Stammesgeschichte dieser Thiergruppe. I. Ontogenie, Bibl. Zool. 6, 1—157.
20. PETERS, S., und STRASSBURG, M. (1967): Zur Morphogenese der Zahnleiste. Dtsch. zahnärzt. Z. 22, 346—356.
21. PEYER, B. (1937): Zähne und Gebiß. In L. BOLK, L. GÖPPERT, E. KALLIUS und W. LUBOSCH: „Handbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere“. Bd. III, Urban & Schwarzenberg, Berlin — Wien.
22. POUCHET, G., et CHABRIS, L. (1884): Contributions à l'Odontologie des Mammifères. J. Anat. (Paris), 149—192.
23. ROMER, A. S. (1959): Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere. Parey, Hamburg — Berlin.
24. SCHLOSSER, M. (1890/91): Über die Deutung des Milchgebisses der Säugetiere. Biol. Zbl. 10, 81—92.
25. SCHOUR, I. (1960): Noyes' Oral Histology and Embryology. 8. Aufl. Lea & Febiger, Philadelphia.
26. SCHOUR, I., and MASSLER, M. (1962): The Teeth. In E. J. FARRIS and J. Q. GRIFFITH: "The Rat in Laboratory Investigation", Hafner Publications Company, New York.
27. STARCK, D. (1965): Embryologie. 2. Aufl., Thieme, Stuttgart.
28. WEBER, M. (1928): Die Säugetiere, Bd. II, 2. Aufl., Fischer Jena.
29. WOODWARD, F. (1894): On the Milk Dentition of the Rodentia with a Description of a Vestigial Milk Incisor in the Mouse. Anat. Anz. IX, 619—663.

Anschrift der Verfasser: Prof. Dr. M. STRASSBURG, 4 Düsseldorf, Moorenstraße 5 und Dr. SIEGWART PETERS, 78 Freiburg i. Br., Stefan-Meier-Straße 8